

# PEUT-ON APPRENDRE SANS DÉSAPPRENDRE ?\*



**NATHANIEL LASRY**  
Professeur  
Cégep John Abbott

D'après le romancier français Marcel Proust, « Le véritable voyage de découverte ne consiste pas à chercher de nouveaux paysages, mais à avoir de nouveaux yeux » (Proust, 1923). Ainsi, l'un des principaux objectifs de l'enseignement des sciences est d'aider les étudiants à modifier leur vision du monde. Cela est particulièrement important en physique, car les étudiants ont souvent des idées préconçues qui vont à l'encontre de ce qu'on tente de leur enseigner (Bransford, Brown et Cocking, 2000 ; Knight et Burciaga, 2004 ; Redish, 2003), précisément en ce qui concerne les concepts newtoniens. Parmi ces « conceptions erronées » documentées depuis des décennies (Clement, 1982 ; Halloun et Hestenes, 1985a ; Halloun et Hestenes, 1985b ; Minstrell, 1982 ; Viennot, 1979), on estime qu'un grand nombre sont profondément ancrées dans leur esprit et difficiles à modifier (Dunbar, Fugelsang et Stein, 2007 ; Posner et collab., 1982 ; Vosniadou, 1992 et 1994). Nous présentons ici quelques découvertes qui ont transformé notre propre perception de la façon dont les étudiants apprennent la physique. Plusieurs des idées que nous soumettons pourraient aussi s'appliquer à d'autres disciplines, que ce soit dans un programme préuniversitaire ou technique.

## ■ ÉVALUATION DES CONCEPTIONS DES ÉTUDIANTS : LE *FORCE CONCEPT INVENTORY*

Les professeurs du cours d'introduction à la physique évaluent régulièrement la compréhension conceptuelle de leurs étudiants en leur faisant passer des tests comme celui du *Force Concept Inventory* (FCI) (Hestenes, Wells et Swackhamer, 1992). Le FCI consiste en 30 questions à choix multiples, formulées dans un langage simple, pour lesquelles les étudiants n'ont pas de calculs à effectuer. Toutes les réponses incorrectes proposées dans le test ont été conçues à partir des mauvaises réponses les plus fréquentes données par les étudiants dans le cadre d'entrevues. Il est donc peu probable que les étudiants répondent au hasard puisqu'ils trouvent généralement une proposition qui correspond à ce qu'ils pensent. Par exemple, l'énoncé suivant doit être complété par une proposition au

choix : « Un gros camion entre en collision avec une petite voiture compacte. Pendant la collision... » Parmi les choix se trouvent la bonne réponse et d'autres, mauvaises, comme « le camion exerce une plus grande force que la voiture ». Mais le FCI propose aussi l'énoncé suivant : « aucun des véhicules n'exerce de force sur l'autre, la voiture est écrasée simplement parce qu'elle se trouvait sur le chemin du camion ». Il s'agit d'une réponse donnée par des étudiants en entrevue, à laquelle les professeurs n'auraient jamais pensé et qu'ils n'auraient, par conséquent, jamais insérée dans un test.

Aux yeux des physiciens, les questions du FCI peuvent sembler futiles, pourtant, bien des professeurs demeurent perplexes devant les faibles résultats de leurs étudiants. Quand l'un de nous, Eric Mazur, a fait passer le test pour la première fois à Harvard, un étudiant lui a demandé : « Comment dois-je répondre à ces questions ? En fonction de ce que vous m'avez appris ou de ce que je pense d'habitude ? » (Mazur, 2009) La simplicité du FCI, sa nature contre-intuitive de même que sa fiabilité bien établie (Lasry et collab., 2011 ; McDermott et Redish, 1999) ont contribué à en faire un instrument de mesure dans de nombreuses études. Le FCI est à l'heure actuelle l'instrument diagnostique le plus utilisé et le plus cité dans le domaine de la physique en enseignement supérieur.

## ■ MESURE DES PROGRÈS CONCEPTUELS

Appelés d'habitude les « tests avant-après », les tests diagnostiques tels que le FCI sont fréquemment donnés à la fois au début et à la fin des cours d'introduction à la physique pour évaluer ce qu'ont appris les étudiants. Dans une étude de renom, Richard Hake mesura les gains conceptuels chez plus de 6 000 étudiants de niveau secondaire, collégial ou universitaire ayant passé le FCI (Hake, 1998). Hake définit les gains conceptuels normalisés comme la différence entre les résultats obtenus dans le FCI au moment du test de la fin de session ( $S_{post}$ ) et ceux obtenus au moment du test donné en début de session ( $S_{pre}$ ), divisée par le plus grand progrès possible (ou, ce qui revient au même, par le nombre de réponses incorrectes du premier test).

Formule souvent  
appelée le *Hake-gain*

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{I - S_{pre}}$$

\* Adapté d'un article paru dans *Nature Physics*, mai 2014.



**JONATHAN GUILLEMETTE**  
Professeur  
Cégep John Abbott



**MICHAEL DUGDALE**  
Professeur  
Cégep John Abbott



**ELIZABETH CHARLES**  
Professeure  
Collège Dawson



**ERIC MAZUR**  
Professeur  
Université Harvard

Hake a notamment établi que les étudiants ayant suivi un enseignement traditionnel, tels des cours magistraux, avaient fait des progrès conceptuels significativement moins importants que ceux qui avaient bénéficié d'un apprentissage actif. Aujourd'hui, les professeurs utilisent souvent le *Hake-gain* pour évaluer l'apprentissage conceptuel de leurs étudiants, et les chercheurs, pour comparer la différence d'apprentissage conceptuel entre des groupes exposés à diverses pédagogies.

## IL NE S'AGIT PAS SEULEMENT DE PROGRÈS

Il y a quelques années, nous avons analysé des données sur les FCI amassées à Harvard auprès de nombreux groupes d'étudiants et avons fait une curieuse découverte : année après année, à la fin du cours, plusieurs d'entre eux donnaient de mauvaises réponses à des questions auxquelles ils avaient bien répondu tout au début. Cette trouvaille nous a poussés à examiner systématiquement les progrès et les reculs pour chaque question du FCI. Nous nous sommes demandé si ces reculs étaient limités aux étudiants de Harvard, puisqu'on pourrait s'attendre à ce que ceux-ci aient plus de réponses correctes « à perdre » que la plupart des étudiants.

Nous avons donc rassemblé des données auprès de plus de 13 000 étudiants ayant tous passé le même test FCI au début et à la fin d'un cours d'introduction à la physique dans divers établissements : des écoles secondaires aux États-Unis, trois collèges offrant des programmes de deux ans au Canada, une université publique aux États-Unis et trois universités privées américaines de premier rang. En faisant la moyenne de tous les étudiants de cet échantillon, nous avons remarqué que 30 % des réponses correctes obtenues au début du cours étaient

devenues incorrectes à sa fin. Certes, les étudiants avaient fait des progrès : en moyenne, 46 % des réponses incorrectes obtenues au début du cours étaient devenues correctes à sa fin. Ainsi, l'évolution conceptuelle en physique ne semble pas se mesurer seulement en progrès ; les reculs doivent aussi être pris en compte.

Nous avons supposé que les progrès et les reculs dépendaient du type d'établissement et des connaissances préalables des étudiants en physique, lesquelles peuvent être mesurées par leur résultat au FCI du début ( $S_{pre}$ ). Le [tableau 1](#) montre le résultat moyen au FCI du début, ainsi que la proportion de progrès et de reculs pour chaque type d'établissement.

Même si les progrès fluctuent considérablement d'un type d'établissement à l'autre (passant plus ou moins de 30 % à 60 %), les pertes, elles, sont plus ou moins stables. Le [tableau 1](#) indique que près d'une réponse correcte sur trois du test de début est devenue incorrecte dans le test de fin pour tous les établissements sauf pour les universités de premier rang, où ce pourcentage est bien plus bas (15 %).

## JUSTE UN COUP DE CHANCE ?

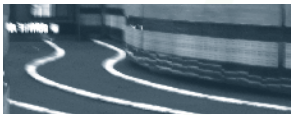
Les tests diagnostiques comme le FCI sont conçus pour éviter que les étudiants jouent aux devinettes, puisque les réponses incorrectes sont inspirées de réponses réelles fournies par d'autres étudiants. Toutefois, il est très tentant d'attribuer les 30 % de reculs à des coups de chance dans le test de début.

Nous avons donc examiné l'hypothèse selon laquelle les progrès et les reculs dépendaient des connaissances préalables des étudiants, que nous avons estimées en utilisant les résultats

**TABLEAU 1**

**PROGRÈS ET RECULS PAR TYPE D'ÉTABLISSEMENT**

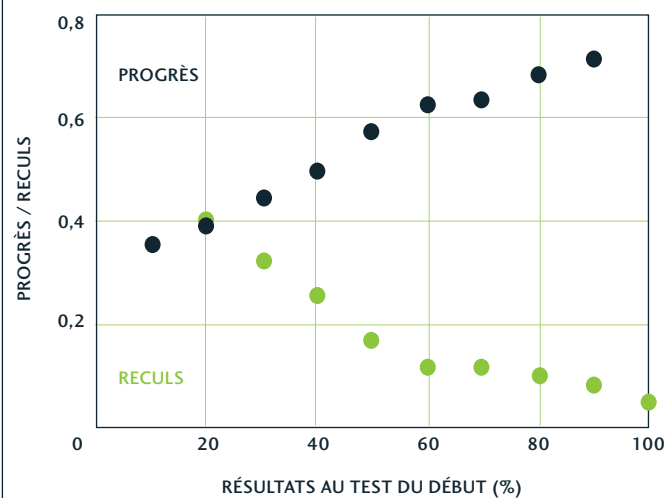
	N <sup>bre</sup> d'étudiants ayant passé le test	$S_{pre}$	Progrès (%)	Reculs (%)
Écoles secondaires américaines	10 007	26,7 ± 0,2	39,4 ± 0,1	30,4 ± 0,2
Université publique américaine	1 560	31,3 ± 0,4	32,5 ± 0,3	34,6 ± 0,4
Collèges canadiens (programme d'études sur deux ans)	971	35 ± 2	43 ± 1	28 ± 1
Universités privées américaines de premier rang	884	47 ± 2	59 ± 3	15 ± 2



obtenus dans le FCI avant le cours. Plus les étudiants ont un résultat important au début, plus on peut dire que leurs savoirs préalables sont grands. La **figure 1** illustre l'évolution des progrès et des reculs en fonction des résultats au test de début ( $S_{pre}$ ). Nos résultats indiquent qu'au fur et à mesure que les savoirs préalables augmentent, les gains s'accroissent et les pertes diminuent de façon presque linéaire.

FIGURE 1

ÉVOLUTION DES PROGRÈS ET DES RECULS EN FONCTION DES RÉSULTATS AU TEST DU DÉBUT



## NOUVEAU REGARD SUR LA FAÇON DONT LES ÉTUDIANTS MODIFIENT LEURS CONCEPTIONS

Même si elle est étonnante, l'ampleur des reculs conceptuels qui apparaissent dans le **tableau 1** peut être interprétée de trois façons. Premièrement, l'enseignement peut éloigner certains étudiants d'un concept newtonien. Comme les étudiants des cours d'introduction à la physique doivent régulièrement remettre en question leurs idées préconçues, certains d'entre eux peuvent alors être poussés à écarter des idées correctes. Dans une étude récente, on a demandé à des étudiants ce qui atteindrait le sol en premier : une balle lancée vers le bas ou bien une balle lancée à l'horizontale depuis la même hauteur. Les seuls ayant répondu incorrectement que les deux balles atteindraient le sol en même temps étaient des étudiants qui avaient suivi des cours de physique (Hutchison et Elby, 2013). Ceux n'ayant jamais suivi un cours de physique ont tous eu la réponse intuitive correcte que la balle lancée vers le bas atteindrait le sol d'abord. Conséquemment, une partie des reculs conceptuels pourraient être induits par l'enseignement.

Ces reculs dus à l'enseignement semblent néanmoins être l'exception et non la règle. L'acquisition de la connaissance dans une discipline donnée est un processus complexe qui n'évolue pas de façon linéaire. Ainsi, la deuxième manière d'interpréter les reculs conceptuels prend en compte la progression sinueuse qui mène un novice à l'expertise. Le lien relevé entre les reculs et les connaissances préalables dans la **figure 1** donne à penser que les concepts newtoniens tels que conçus par des experts sont instables dans l'esprit d'étudiants novices. En fait, la **figure 1** montre que plus l'étudiant est novice — ce qui correspond aux résultats les plus faibles dans le FCI du début — plus les reculs sont importants et, par conséquent, plus les concepts newtoniens sont instables. Cette observation remet aussi en question l'affirmation selon laquelle les conceptions des étudiants sont très profondément ancrées et difficiles à modifier, et plaide en faveur d'un modèle dans lequel la construction des conceptions expertes serait un processus fragile, fortement dépendant du contexte (Hammer, 1996 ; Hammer et collab., 2005 ; Redish et Vicentini, 2003).

*La construction d'une vision du monde experte semble être un processus fragile et non linéaire, particulièrement quand les étudiants possèdent peu de connaissances dans le domaine.*

La troisième interprétation des reculs conceptuels consiste à les lier aux connaissances préalables. Comme le montre la **figure 1**, les étudiants qui ont davantage de connaissances préalables font plus de progrès et font face à moins de reculs. Cette observation peut servir de nouvel exemple de l'« effet Matthieu<sup>1</sup> » en éducation (Stanovich, 1986) : le riche devient de plus en plus riche, et le pauvre, de plus en plus pauvre. Cet effet est cohérent avec l'autoorganisation des concepts à l'intérieur de réseaux conceptuels qui se développent sur le mode de l'attachement préférentiel (Barabási et Bonabeau, 2003 ; Barabási et Frangos, 2002). C'est-à-dire que plus un étudiant possède de concepts newtoniens, plus un nouveau concept newtonien pourra se greffer chez lui à un concept existant. Conséquemment, les nouveaux concepts newtoniens sont plus susceptibles de s'intégrer à des réseaux newtoniens riches qu'à des réseaux de conceptions aristotéliennes<sup>2</sup>. De

<sup>1</sup> NDLR : Cette expression fait référence à un passage de l'Évangile selon saint Matthieu (25:29) : « Car on donnera à celui qui a, et il sera dans l'abondance, mais à celui qui n'a pas on ôtera même ce qu'il a. »

<sup>2</sup> Les conceptions aristotéliennes sont des conceptions naïves, qui sont intuitivement vraisemblables mais erronées. L'exemple typique est celui de deux masses, l'une plus lourde que l'autre. Selon une de ces conceptions aristotéliennes, la masse plus lourde tombera plus rapidement. En fait, les deux tombent en même temps.



plus, un nouveau concept newtonien intégré dans un réseau conceptuel newtonien riche sera aussi moins enclin à être déconnecté, entraînant ainsi moins de risques de pertes.

### CONCLUSION

Nos résultats suggèrent que les étudiants peuvent avoir intégré certaines conceptions newtoniennes avant un cours de physique et en avoir perdu à la fin. Bien qu'on puisse penser que les conceptions erronées sont profondément ancrées dans l'esprit et difficiles à modifier, nos résultats démontrent un modèle de conceptions instables et fluctuantes plutôt que fixes. La construction d'une vision du monde experte semble être un processus fragile et non linéaire, particulièrement quand les étudiants possèdent peu de connaissances dans le domaine. Toutefois, même quand les gains sont modestes et les pertes grandes, l'effet net demeure positif. Ainsi, les plus faibles progressent malgré tout ; il n'y a jamais de recul franc.

Le fait de mesurer à la fois les progrès et les reculs conceptuels peut nous fournir des indications intéressantes sur la façon dont les étudiants apprennent et sur les pédagogies les plus efficaces pour les aider à acquérir davantage de concepts et à en perdre moins. Les constatations que nous avons présentées tracent un portrait nouveau de la manière dont les étudiants modifient leurs conceptions et nos propres conceptions de leur apprentissage. ♦

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARABÁSI, A.-L. et E. BONABEAU. «Scale-free Networks», *Scientific American*, vol. 288, n° 5, 2003, p. 50-59.
- BARABÁSI, A.-L. et J. FRANGOS. *Linked: The New Science of Networks*, New York, Basic Books, 2014.
- BRANSFORD, J., A. BROWN et R. COCKING. *How People Learn*, Washington, D.C., National Academy Press, 2000.
- CLEMENT, J. «Students' Preconceptions in Introductory Mechanics», *American Journal of Physics*, vol. 50, n° 1, 1982, p. 66-71.
- DUNBAR, K., J. FUGELSANG et C. STEIN. «Do Naive Theories Ever Go Away? Using Brain and Behavior to Understand Changes in Concepts», dans LOVETT, M. et P. SHAH, *Thinking With Data*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- HAKE, R. R. «Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses», *American Journal of Physics*, vol. 66, n° 1, 1998, p. 64-74.
- HALLOUN, I. A. et D. HESTENES. «The Initial Knowledge State of College Physics Students», *American Journal of Physics*, vol. 53, n° 11, 1985a, p. 1043-1055.
- HALLOUN, I. A. et D. HESTENES. «Common-Sense Concepts About Motion», *American Journal of Physics*, vol. 53, n° 11, 1985b, p. 1056-1065.
- HAMMER, D. «More than Misconceptions: Multiple Perspectives on Student Knowledge and Reasoning, and an Appropriate Role for Education Research », *American Journal of Physics*, vol. 64, n° 10, 1996, p. 1316-1325.
- HAMMER, D. et collab. «Resources, Framing, and Transfer», dans MESTRE, J. (dir.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*, Greenwich, Information Age Publishing, 2005, p. 89-120.
- HESTENES, D., M. WELLS et G. SWACKHAMER. «Force Concept Inventory», *The Physics Teacher*, vol. 30, n° 3, 1992, p. 141-158.
- HUTCHISON, P. et A. ELBY. «Evidence of Epistemological Framing in Survey Question Misinterpretation», *Physics Education Research Conference*, vol. 1513, n° 1, 2013, p. 194-197.
- KNIGHT, R. D. et J. R. BURCIAGA. *Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching*, San Francisco, Addison Wesley, 2004.
- LASRY, N. et collab. «The Puzzling Reliability of the Force Concept Inventory», *American Journal of Physics*, vol. 79, n° 9, 2011, p. 909-912.
- MAZUR, E. «Education. Farewell, Lecture?», *Science*, vol. 323, n° 5910, 2009, p. 50-51.
- MCDERMOTT, L. et E. REDISH. «Resource Letter: PER-1: Physics Education Research», *American Journal of Physics*, vol. 67, n° 9, 1999, p. 755-767.
- MINSTRELL, J. «Explaining the "At Rest" Condition of an Object», *The Physics Teacher*, vol. 20, n° 10, 1982, p. 10-14.
- POSNER, G. J. et collab. «Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change », *Science Education*, vol. 66, n° 2, 1982, p. 211-227.
- PROUST M. *À la recherche du temps perdu*, Paris, Gallimard, 1923.
- REDISH, E. et M. VICENTINI. *Research on Physics Education: Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLVI*, Varenna, IOS Press, 2003.
- REDISH, E. *Teaching Physics with the Physics Suite*, Hoboken, Wiley, 2003.
- STANOVICH, K. E. «Matthew Effects in Reading: Some Consequences of Individual Differences in the Acquisition of Literacy», *Reading Research Quarterly*, vol. 21, n° 4, 1986, p. 360-407.
- VIENNOT, L. «Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics», *International Journal of Science Education*, vol. 1, n° 2, 1979, p. 205-221.
- VOSNIADOU, S. «Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change», *Learning and Instruction*, vol. 4, n° 1, 1994, p. 45-69.
- VOSNIADOU, S. «Knowledge Acquisition and Conceptual Change», *Applied Psychology: An International Review. Psychologie appliquée. Revue internationale*, vol. 41, n° 4, 1992, p. 347-357.

♦ Soumis et évalué dans sa langue originale anglaise, cet article a été traduit afin de paraître en français dans la présente édition, grâce au soutien financier de l'Entente Canada-Québec relative à l'enseignement dans la langue de la minorité et à l'enseignement des langues secondes. ♦





Nathaniel LASRY est professeur de physique au Cégep John Abbott depuis 16 ans. Après ses études en physique théorique, il complète un Ph. D. en éducation à McGill et un postdoctorat à Harvard sous la direction d'Eric Mazur. Il est l'auteur du livre *Understanding Authentic Learning* (2008) de même que de plusieurs textes sur l'apprentissage, la cognition et l'utilisation des technologies en classe, tout comme de la ressource numérique *Apprentissage par problèmes en physique au collégial* [pbl.ccdmd.qc.ca]. Il a reçu le prix Sortir des sentiers battus pour ses innovations pédagogiques, le Prix de l'excellence en enseignement de la physique au collégial, décerné par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes, et le prix Raymond-Gervais de l'Association pour l'enseignement des sciences et de la technologie au Québec en 2006, 2010 et 2013.

nathaniel.lasry@johnabbott.qc.ca

Jonathan GUILLEMETTE a terminé son doctorat en physique à l'Université McGill en janvier 2014. Il a immédiatement commencé à enseigner au Cégep John Abbott dans l'Ouest-de-l'Île et il a passé l'été 2014 à Boston en tant que Visiting Scientist dans le groupe d'Eric Mazur à Harvard. Il tente actuellement d'améliorer l'apprentissage de ses étudiants en testant diverses théories sur l'enseignement soutenues par des études où le nombre de sujets est élevé.

jonathan.guillemette@johnabbott.qc.ca

Michael DUGDALE est professeur de physique au Cégep John Abbott depuis 2006. Il s'est intéressé aux devoirs en ligne et a exploré diverses manières de les rendre efficaces en vue de favoriser l'apprentissage actif en classe et pour accélérer la validation des apprentissages des étudiants de même que la rétroaction. Ces trois dernières années, il s'est impliqué au sein d'une équipe de chercheurs qui se penchent sur l'apprentissage actif.

michael.dugdale@johnabbott.qc.ca

Elizabeth S. CHARLES est professeure au Collège Dawson depuis plus de 25 ans. Détentrice d'un Ph. D. en technologie éducative de l'Université Concordia, elle mène des recherches en pédagogie et a dirigé, à titre de chercheuse principale, cinq projets de recherche financés par le Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage. Le projet de recherche qu'elle dirige présentement s'intitule *Using Collective Conceptual Networks for Learning: Linking School Science to the Real World with the Aid of New IT Tools*. Elle coordonne le projet SALTISE, un consortium misant sur une collaboration interordres pour promouvoir l'innovation pédagogique et l'usage des TIC. Elle a écrit un des chapitres de l'ouvrage collectif *Studying Virtual Math Teams* (2009) et a donné plusieurs conférences.

echarles@dawsoncollege.qc.ca

Eric MAZUR est professeur de physique à l'Université de Harvard. Il est reconnu internationalement, dans sa discipline, pour ses travaux portant sur la nanophotonique et, en éducation, pour ses innovations pédagogiques tel l'apprentissage par les pairs, une méthode interactive d'enseignement ayant pour but d'engager les étudiants en classe et hors classe. Il est l'auteur des volumes *Peer Instruction: A User's Manual* (Prentice Hall, 1997), un ouvrage expliquant comment enseigner de façon interactive à de larges classes, et *Principles and Practice of Physics* (Pearson, 2014), un livre qui présente une toute nouvelle approche pour l'enseignement des calculs de base en physique. Il a par ailleurs signé un grand nombre d'articles en physique et en éducation. En 2014, M. Mazur a reçu le premier Minerva pour l'avancement en enseignement supérieur.

mazur@physics.harvard.edu



**CÉGEP  
À DISTANCE**



## SPÉCIALISTES DE CONTENU ET TUTEURS RECHERCHÉS

### Développez ou révisez le matériel pédagogique

cegepadistance.ca/collaboration  
1 800 665-6400 ou 514 864-6464 poste 4782

### Encadrez les étudiants

cegepadistance.ca/tutorat  
1 800 665-6400 ou 514 864-6464

### Spécialistes de contenu et tuteurs anglophones également recherchés

cegepadistance.ca/opportunities

### Liste des emplois offerts par cours

cegepadistance.ca/emplois

**PARTOUT AVEC VOUS**